



(19)

BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12)

**Offenlegungsschrift**

(10)

**DE 197 31 980 A 1**

(51)

Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 21 B 37/00**  
G 05 B 17/00  
G 05 B 13/04

(21)

Aktenzeichen: 197 31 980.7

(22)

Anmeldetag: 24. 7. 97

(43)

Offenlegungstag: 28. 1. 99

**DE 197 31 980 A 1**

(71)

Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72)

Erfinder:

Schlang, Martin, Dr., 81671 München, DE; Malisch,  
Frank-Oliver, Dipl.-Inform., 85579 Neubiberg, DE;  
Gramckow, Otto, Dr., 91052 Erlangen, DE

(56)

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

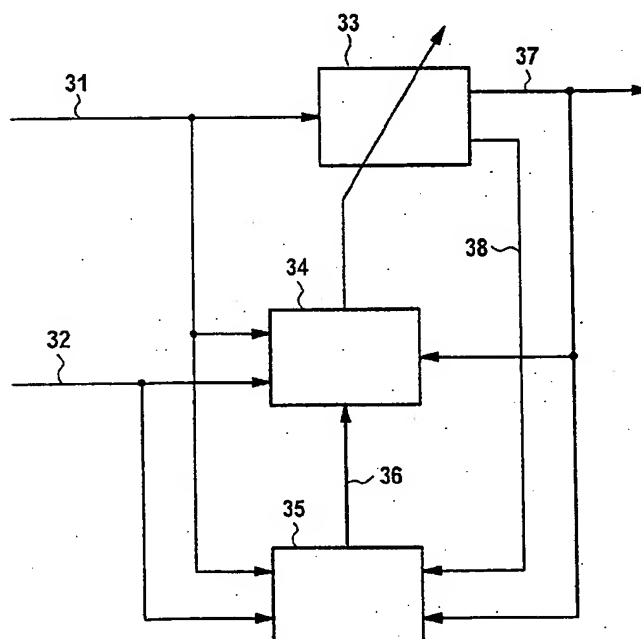
DE 195 22 494 C2  
DE 31 33 222 C2  
DE 44 39 986 A1  
DE 44 16 364 A1  
DE 44 16 317 A1  
DE 43 38 615 A1  
DE 43 38 608 A1  
DE 43 01 130 A1  
DE 41 31 765 A1  
DE 41 05 321 A1  
US 56 00 758  
US 55 13 097  
EP 05 34 221 A1

MARTINETZ, Thomas, u.a.: Neuronale Netze zur  
Steuerung von Walzstraßen. In: atp  
Automatisierungstechnische Praxis 38, 1996, 10,  
S.28-42;  
JP 08016215 A., In: Patent Abstracts of Japan;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Verfahren zur Steuerung und Voreinstellung eines Walzgerüsts oder einer Walzstraße zum Walzen eines Walzbandes

(57) Verfahren zur Steuerung und Voreinstellung eines Walzgerüsts oder einer Walzstraße zum Walzen eines Walzbandes, wobei die Steuerung und Voreinstellung des Walzgerüsts bzw. der Walzstraße mittels eines Modells des Walzgerüsts oder der Walzstraße erfolgt, wobei das Modell zumindest ein neuronales Netz aufweist, dessen Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, wobei die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, variiert wird.

**DE 197 31 980 A 1**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung und Voreinstellung eines Walzgerüsts oder einer Walzstraße.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung und/oder Voreinstellung eines Walzgerüsts oder einer Walzstraße zum Walzen eines Walzbandes, wobei die Steuerung und/oder Voreinstellung des Walzgerüsts bzw. der Walzstraße mittels eines Modells des Walzgerüsts oder der Walzstraße erfolgt, wobei das Modell zumindest ein neuronales Netz aufweist, dessen Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden.

Für die Steuerung und Voreinstellung von Walzgerüsten oder einer Walzstraße zum Walzen eines Walzbandes ist es bekannt, Modelle einzusetzen, die zumindest ein neuronales Netz aufweisen, dessen Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden. Eine derartige modellgestützte Steuerung oder Voreinstellung kommt ganz besonders für Anwendungen entsprechend DE 41 31 765, EP 0 534 221, US 55 13 097, DE 44 16 317, US 56 00 758, DE 43 38 608, DE 43 38 615, DE 195 22 494, DE 196 25 442, DE 196 41 432, DE 196 41 431, DE 196 42 918, DE 196 42 919, DE 196 42 921 in Frage. Neuronale Netze für diese Anwendungen werden, wenn sie on-line adaptiert werden, mit konstanten Adaptionsraten adaptiert. D.h., daß nach jedem gewalzten Band die Fehlerfunktion für dieses Band berechnet wird. Anschließend wird der Gradient dieser Fehlerfunktion bestimmt und im Sinne einer Optimierung im Gradienten derart gefolgt, daß die Fehlerfunktion sich um die gewählte Adaptionsrate verringert. Es hat sich gezeigt, daß mittels on-line-Adaption, wobei unter on-line-Adaption das Adaptieren eines neuronalen Netzes nach einem gewalzten Walzband zu verstehen ist, sich die Qualität eines gewalzten Stahls deutlich verbessert. Problematisch sind jedoch Sicherheitsprobleme in bezug auf die Konvergenz bei der Adaption. Kommt es aufgrund einer fehlerhaften Adaption zu Fehlfunktion, Fehlsteuerung oder fehlerhafter Voreinstellung, so kann es für die genannte Anwendung zu hohen Verlusten durch minderwertig gewalzten Stahl oder durch Beschädigung der Walzstraße kommen. Ferner sind aufgrund der hohen Investitionskosten für eine Walzstraße Stillstandzeiten sehr teuer. Unter diesem Hintergrund ist die Adaption von neuronalen Netzen für die Steuerung oder Voreinstellung von Walzgerüsten oder Walzstraßen problematisch.

Entsprechend ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren anzugeben, um eine Steuerung bzw. Voreinstellung gemäß des Oberbegriffs sicherer zu machen. Ferner ist es wünschenswert, die Präzision der mittels eines neuronalen Netzes ermittelten Modellwerte zu verbessern.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Dabei wird bei einem Verfahren gemäß dem Oberbegriff die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes angepaßt bzw. adaptiert werden, variiert. Auf diese Weise kann z. B. unterschieden werden, ob das neuronale Netz die zu approximierende Funktion in dem entsprechenden Punkt bereits gut beherrscht, ob der Datenpunkt zu einem seltenen Ereignis, d. h. zu einem selten gewalzten Stahl, gehört oder ob der zu trainierende Datenpunkt aufgrund eines Meßfehlers oder Fehlers in der Nachberechnung sogar gänzlich unbrauchbar ist. Dieses führt zu einer weitaus robusteren Adaption.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, in Abhängigkeit der Informationsdichte, insbesondere der Trainingsdaten bezüglich Walzbänder derselben oder ähnlichen Art, variiert.

Die Informationsdichte  $D$  ist dabei ein (abstraktes) Maß, wieviel Information an einem gegebenen Punkt im Eingangsraum vorhanden ist (typischerweise wieviel Bänder derselben oder einer ähnlichen Qualität bereits gewalzt wurden). Ein Ausführungsbeispiel für eine Definition der Informationsdichte ist

$$D(x_n) = \sum_{k=1}^{\text{size net}} b_k(x_n) D_k(x_n)$$

$D(x_n)$  ist die Schätzung der Informationsdichte für Punkt  $x_n$ , nach Bearbeitung aller Muster  $x_1$  bis  $x_{n-1}$ .  $b_k(x_n)$  ist die Aktivität des  $k$ -ten Neurons in der verdeckten Ebene oder den verdeckten Ebenen des neuronalen Netzes beim Anlegen des Musters  $x_n$ .  $D_k(x_n)$  ist die Schätzung der lokalen Informationsdichte am Ort des  $k$ -ten Neurons, nach Verarbeitung aller Muster  $x_1$  bis  $x_{n-1}$ .  $\text{size net}$  entspricht der Anzahl der Neuronen in der verdeckten Ebene oder den verdeckten Ebenen des neuronalen Netzes.  $b_k$  berechnet sich aus

$$b_k(x_n) = \exp\left(-\frac{1}{2}(x - \mu)^T \Sigma^{-1}(x - \mu)\right)$$

$$\text{mit } x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

$$\mu = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_n \end{bmatrix}$$

und

$$\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_1^2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma_2^2} & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & \dots & & \frac{1}{\sigma_n^2} \end{bmatrix}$$

wobei  $\mu_i$  der Erwartungswert und  $\sigma_i^2$  die Varianz von  $x_i$  ist.

$D_k(x_n)$  berechnet sich zu:

$$D_k(x_n) = \frac{I_k(x_n)}{I(x_n)}$$

$I_k(x_n)$  ist die lokal über die gesamte Vergangenheit aller Muster  $x_1$  bis  $x_{n-1}$  akkumulierte Information am  $k$ -ten Neuron der verdeckten Ebene oder der verdeckten Ebenen des neuronalen Netzes,  $I(x_n)$  die analog global im Netzwerk akkumulierte Information.  $I_k(x_n)$  berechnet sich zu

$$I_k(x_n) = \sum_{x'=\{x_1 \dots x_{n-1}\}} b_k(x') f(E(x'), \eta(x'))$$

$f$  ist eine Funktion in Abhängigkeit des Prognosefehlers  $E(x')$  (siehe unten) und der Lernrate  $\eta(x')$ . Sie berücksichtigt, daß für die in der Vergangenheit nur mit kleiner Lernrate gelernten Muster nur wenig Information vorliegt. Im einfachsten Fall könnte

$f = 1 \forall (x' \in x_1 \dots x_{n-1})$  gesetzt werden.

Für  $I(x_n)$  gilt:

$$I(x_n) = \sum_{k=1}^{\text{size net}} I_k(x_n) = \sum_{x'=\{x_1 \dots x_{n-1}\}} f(E(x'), \eta(x'))$$

Da für alle  $x' \in \{x_1 \dots x_{n-1}\}$  gilt

$$\sum_{k=1}^{\text{size net}} b_k(x') = 1$$

In weiterer besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, in Abhängigkeit des Fehlererwartungswertes, insbesondere des mittleren Fehlers über

die gesamte Adaptionphase oder den mittleren Fehler über ein langes Zeitintervall bei der Adaption, variiert.

Der Fehlererwartungswert  $F$  ist z. B. der mittlere Fehler über die gesamte Vergangenheit im Raumpunkt  $x_n$ . Beispielsweise kann er wie folgt aussehen:

$$F(x_n) = \sum_{k=1}^{\text{size net}} b_k(x_n) F_k(x_n)$$

$F_k(x_n)$  wobei der lokale Fehlererwartungswert für das  $n$ -te Muster am  $k$ -ten Neuron der verdeckten Ebene eines neuronalen Netzes ist.  $F_k(x_n)$  ergibt sich zu

$$F_k(x_n) = \frac{\sum_{x'=\{x_1, \dots, x_{n-1}\}} b_k(x') E(x') f(E(x'), \eta(x'))}{I_k(x_n)}$$

Durch die Multiplikation des Fehlers  $E(x')$  mit  $b_k(x')$  steht im Zähler ein Maß für den lokalen Fehler. Dieser Fehler wird durch die lokale Informationsdichte geteilt.

Ein weiterer Ansatz zur Berechnung des Fehlererwartungswertes ist die Berechnung in Form einer lokalen Statistik erfolgen, bei der nicht nur der Mittelwert des lokalen Fehlers, sondern auch seine Varianz berücksichtigt wird.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, in Abhängigkeit des aktuellen Fehlers bei der Adaption, d. h. dem aktuellen Fehler zwischen den mittels des neuronalen Netzes ermittelten und den tatsächlichen Verhältnissen im Walzgerüst und/oder der Walzstraße, insbesondere der Eigenschaften des Walzbandes, variiert.

Der aktuelle Fehler  $E$  ist z. B. der Euklid- oder sonstige Abstand zwischen Netzvorhersage, also dem mittels des neuronalen Netzes ermittelten Wertes und tatsächlichem Wert. Der Euklidische Abstand, der vorteilhafterweise als aktueller Fehler  $E$  verwendet wird, ist definiert als

$$E = \|y_n(x_n, w) - t_n(x_n)\|^2$$

wobei  $x_n$  die Eingangsgröße bzw. die Eingangsgrößen des Netzwerkes,  $y_n(x, w)$  der Ausgangswert, z. B. Walzkraft, des neuronalen Netzes für ein Muster  $x_n$  in Abhängigkeit der Netzwerkgewichte  $w$  und  $t_n(x)$  der  $y_n(x_n, w)$  entsprechende tatsächliche Wert ist.  $n$  entspricht der zeitlichen Abfolge der Trainingsmuster.

Für zumindest eine der drei Größen Informationsdichte, Fehlererwartungswert und aktueller Fehler wird erfindungsgemäß eine Fallunterscheidung durchgeführt. Dabei wird in ganz besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung zwischen Normalfall (gut trainiertes Netz), Exot, (typischerweise ein sehr selten gewalzter Stahl wie z. B. Münzstahl), Ausreißer (z. B. durch Ausfall eines Meßsensors) und instabilem Prozeß (für eine sehr ähnliche Stahlart schwankte Targetwert in der Vergangenheit erheblich) unterschieden. Der Grad der Adaption des Netzwerkes wird entsprechend dieser Fallunterscheidung gewählt, wie Tabelle 1 zeigt. Dabei bedeutet  $\uparrow$  hoch,  $\downarrow$  niedrig (ggf. gleich Null) und  $\Rightarrow$  mittel.

Tabelle 1

## Fallunterscheidung für Adaptionrate

	Informa- tions- dichte	Fehler- er- wartungs- wert	aktuel- ler Fehler	Grad der Adaption/ Adaptions- rate
gut trainiertes Netz (normal)	↑↑	↓↓	↓↓	⇒
gut generali- sierter Exot	↓↓	↑↑ oder ↓↓	↓↓	⇒
schlecht genera- lisierter Exot	↓↓	↑↑ oder ↓↓	↑↑	↑↑
Ausreißer	↑↑	↓↓	↑↑	↓↓
instabiler Pro- zeß	↑↑	↑↑	↑↑ oder ↓↓	Abbruch/ Alarm

Ist die Informationsdichte hoch, der Fehlererwartungswert klein und der aktuelle Fehler klein, so wird von einem gut trainierten Netz ausgegangen und die Adaptionrate bei einem mittleren Wert gehalten. Sind die Informationsdichte und der aktuelle Fehler gering, so wird davon ausgegangen, daß das neuronale Netz es schafft, bei einer seltenen Stahlsorte, d. h. einem Exot gut zu generalisieren. Die Adaptionrate wird bei einem mittleren Wert gehalten. Ist dagegen der aktuelle Fehler bei geringer Informationsdichte hoch, so wird die Adaptionrate erhöht. Eine Kombination, bei der die Informationsdichte und der aktuelle Fehler hoch, der Fehlererwartungswert dagegen gering ist, wird als Ausreißer interpretiert und die Adaptionrate wird entsprechend verringert bzw. es findet keine Adaption statt. Sind sowohl die Informationsdichte als auch der Fehlererwartungswert hoch, so wird dieses als Indiz für einen instabilen Adaptionsprozeß gewertet. Die Adaption wird abgebrochen.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird ganz besonders vorteilhaft in Verbindung mit den in DE 41 31 765, EP 0 534 221, US 55 13 097, DE 44 16 317, US 56 00 758, DE 43 38 608, DE 43 38 615, DE 195 22 494, DE 196 25 442, DE 196 41 432, DE 196 41 431, DE 196 42 918, DE 196 92 919, DE 196 42 921 offenbarten Anwendungen verwendet.

Weitere Vorteile und erfinderische Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, anhand der Zeichnungen und in Verbindung mit den Unteransprüchen. Im einzelnen zeigen:

Fig. 1 das erfindungsgemäße Verfahren

Fig. 2 ein Blockschaltbild für die Prozeßführung in einer Vor- und Fertigstraße entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren

Fig. 1 zeigt eine Prinzipdarstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dabei bezeichnen Bezugszeichen 33 ein neuronales Netz, Bezugszeichen 34 einen Adaptionsalgorithmus und Bezugszeichen 35 die Bestimmung der Adaptionrate 36 des neuronalen Netzes 33. Das neuronale Netz berechnet auf der Basis von Eingangsgrößen 31, Ausgangsgrößen 37. Zur Adaption des neuronalen Netzes 33 werden diese Eingangsgrößen 31 und Ausgangsgrößen 37 auch einem Adaptionsalgorithmus 34 zugeführt, der die Netzwerkantwort, d. h. die Ausgangsgrößen 37 des neuronalen Netzes 33, mit entsprechend tatsächlichen Werten 32 vergleicht. Auf der Basis dieser Größen adaptiert der Adaptionsalgorithmus 34 die Parameter des neuronalen Netzes 33. Entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren wird auf der Grundlage zumindest einer der Größen 31, 32, 37 bzw. der inneren Zustandsgrößen 38 des neuronalen Netzes 33 die Adaptionrate 36 für den Adaptionsalgorithmus 34 bestimmt. Selbstverständlich sind die Größen 31, 32, 37, 38 nicht zwangsläufig Skalare, sondern können auch mehrere Größen sein. So können z. B. die Eingangsgrößen 31 Größen wie Walzbanddicke, Walzbandbreite, Walzbandtemperatur, Legierungsanteile des Walzbandes usw. sein. Ausgangsgrößen 37 des neuronalen Netzes 33 kann z. B. ein Korrekturwert für die Walzkraft sein.

Fig. 2 zeigt eine Vorstraße 1 und eine Fertigstraße 2 mit Walzgerüsten 3 bzw. 4 zum Walzen von Metallbändern 5. Die Steuerung der Vorstraße 1 erfolgt durch eine Steuereinrichtung 6, die auf die einzelnen Walzgerüste 3 wirkt und dort unterschiedliche Stellglieder betätigt. Die Steuereinrichtung 6 erhält die zur Steuerung der Walzgerüste 3 erforderlichen Informationen sowohl aus einer Recheneinrichtung 7 als auch von einer Meßwerterfassungseinrichtung 8. Zu Beginn des Walzprozesses liegen noch keine Meßwerte für die zur Regelung des Prozesses erforderlichen Größen vor. Daher werden in der Recheneinrichtung 7 auf der Basis von Modellannahmen Vorhersagewerte für die Größen berechnet und an die Steuereinrichtung 6 zur Voreinstellung der Vorstraße 1 übergeben. Während des Prozeßablaufes werden durch die Meßwerterfassungseinrichtung 8 Meßwerte der zur Regelung des Prozesses dienenden Größen erfaßt und der Steuereinrich-

tung 6 zugeführt.

Die Steuereinrichtung 6 erhält ferner über eine Verbindung 9 Informationen zur Bestimmung eines Vorhersagewerts  $y_{pre}$  für die zu erwartende Breitenänderung des Metallbandes 5 in der Fertigstraße 2. In Abhängigkeit von diesem Vorhersagewert  $y_{pre}$  wird der Walzprozeß, also die Stauchung des Metallbandes 5 in der Vorstraße 1 derart gesteuert, daß die Vorbandbreite, also die Breite des Metallbandes 5 bei seinem Austritt aus der Vorstraße 1 gleich der gewünschten Soll-Fertigbandbreite des Metallbandes 5 bei seinem Austritt aus der Fertigstraße 2 minus der vorhergesagten Breitenänderung  $y_{pre}$  des Metallbandes 5 in der Fertigstraße 2 ist. Auf diese Weise wird bei genauer Vorhersage der Breitenänderung des Metallbandes 5 in der Fertigstraße 2 erreicht, daß das Metallband 5 bei seinem Austritt aus der Fertigstraße 2 die gewünschte Soll-Fertigbandbreite aufweist.

Bei der Fertigstraße 2 werden ebenso wie bei der Vorstraße 1 die einzelnen Walzgerüste 4 durch eine Steuereinrichtung 10 gesteuert, die die dazu erforderlichen Informationen aus einer Recheneinrichtung 11 und einer Meßwerterfassungseinrichtung 12 bezieht. Bevor ein die Vorstraße 1 durchlaufendes Metallband 5 in die Fertigstraße 2 eintritt, werden in der Recheneinrichtung 11 Vorhersagewerte für die zur Regelung des Walzprozesses in der Fertigstraße 2 erforderlichen Größen berechnet und der Steuereinrichtung 10 zur Voreinstellung der Fertigstraße 2 aufgegeben. Von diesen vorab bestimmten Größen werden diejenigen, die einen Einfluß auf die Breitenänderung des Metallbandes 5 in der Fertigstraße 2 haben können, als Eingangsgrößen  $x_{vor}$  einem neuronalen Netzwerk 13 zugeführt, das als Netzwerkantwort einen Rechenwert  $y_{NN}(x_{vor})$  für die Breitenänderung erzeugt und diesen auf der Verbindung 9 für die Berechnung des Vorhersagewertes  $y_{pre}$  in der Steuereinrichtung 6 bereitstellt. Als Einflußgrößen bzw. Eingangsgrößen für das neuronale Netzwerk 13 sind insbesondere folgende Größen geeignet, die den Eingangsvektor  $x_{vor}$  bilden.

Beim Durchlauf des Metallbandes 5 durch die Fertigstraße 2 werden die prozeßrelevanten Größen, darunter die Einflußgrößen die Vorbandtemperatur, die Vorbanddicke, die Fertigbandtemperatur, die Fertigbanddicke, die Soll-Fertigbandbreite, die Austrittsgeschwindigkeit des Fertigbandes aus der Fertigstraße 2, die Materialfestigkeit, das Profil, die relativen Dickenabnahmen in den einzelnen Walzgerüsten 4, die Schiebepositionen von Verschiebewalzen und die Züge in dem Metallband 5 zwischen den einzelnen Walzgerüsten 4 mittels der Meßwerterfassungseinrichtung 12 gemessen und der Steuerung 10 sowie einer Einrichtung 14 zur Nachberechnung zugeführt. Die Nachberechnung umfaßt z. B. eine statistische Aufbereitung der gemessenen Einflußgrößen sowie eine Berechnung von nicht unmittelbar meßbaren Einflußgrößen in Abhängigkeit von anderen Meßgrößen. Mit diesen nachberechneten, d. h. im Vergleich zur Vorausberechnung in der Recheneinrichtung 11 wesentlich genauer bestimmten Einflußgrößen erfolgt nach dem Durchlauf des Metallbandes 5 durch die Fertigstraße 2 eine Adaption der Netzwerkparameter des neuronalen Netzwerkes 13. Dazu werden die nachberechneten Einflußgrößen in einem Eingangsvektor  $x_{nach}$  zusammengefaßt und dem neuronalen Netzwerk 13 aufgegeben. Die dabei von dem neuronalen Netzwerk 13 erhaltene Netzwerkantwort  $y_{NN}(x_{nach})$  wird einem Adaptionsalgorithmus 15 zugeführt, dem außerdem die vor der Fertigstraße 2 an der Stelle 16 gemessene Ist-Vorbandbreite BV sowie die hinter der Fertigstraße 2 an der Stelle 17 gemessene Ist-Fertigbandbreite BF zugeführt werden. Die so erhaltene Ist-Breitenänderung

$$y_{ist} = BF - BV$$

wird mit der Netzwerkantwort  $y_{NN}(x_{nach})$  verglichen, wobei die Abweichung zwischen der Netzwerkantwort  $y_{NN}(x_{nach})$  und der Ist-Breitenänderung  $y_{ist}$  über die Verbindung 18 zur Adaption der Netzwerkparameter im Sinne einer Verringerung dieser Abweichung herangezogen werden. Neben dem Rechenwert  $y_{NN}(x_{vor})$  werden auch die Werte  $y_{NN}(x_{nach})$  und  $y_{ist}$  auf der Verbindung 9 bereitgestellt und der Steuereinrichtung 6 zur Berechnung des Vorhersagewertes  $y_{pre}$  für die Breitenänderung zugeführt.

Dem Adaptionsalgorithmus 15 wird eine Adaptionsrate 22 vorgegeben die mittels eines Adaptionsratenbestimmers 20 ermittelt wird. Neben den Werten  $y_{NN}(x_{vor})$ ,  $y_{NN}(x_{nach})$ ,  $y_{ist}$  sind  $x_{nach}$ , BV und BF sowie die inneren Zustände 23 des neuronalen Netzes 13 Eingangsgrößen in den Adaptionsratenbestimmer 20. Optional gibt der Adaptionsratenbestimmer 20 ein Alarmsignal 21 aus, wenn Informationsdichte und Fehlererwartungswert hoch sind. Dieses Alarmsignal 21 wird von einem übergeordneten System zur Prozeßdiagnose verwendet. Als Sicherheitsmaßnahme wird in einem derartigen Fall die Adaption des neuronalen Netzes 13 eingestellt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung und Voreinstellung eines Walzgerüsts oder einer Walzstraße zum Walzen eines Walzbandes, wobei die Steuerung bzw. die Voreinstellung des Walzgerüsts bzw. der Walzstraße mittels eines Modells des Walzgerüsts oder der Walzstraße erfolgt, wobei das Modell zumindest ein neuronales Netz aufweist, dessen Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, variiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, in Abhängigkeit der Informationsdichte, insbesondere der Anzahl an Trainingsdaten bezüglich Walzbänder derselben oder ähnlichen Art, variiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, in Abhängigkeit des Fehlererwartungswertes, insbesondere des mittleren Fehlers über die gesamte Adaptionphase oder den mittleren Fehler über ein langes Zeitintervall bei der Adaption, variiert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit, mit der die Parameter

an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, in Abhängigkeit des aktuellen Fehlers bei der Adaption, d. h. der aktuellen Differenz zwischen den mittels des neuronalen Netzes ermittelten und den tatsächlichen Verhältnissen im Walzgerüst und/oder der Walzstraße, insbesondere der Eigenschaften des Walzbandes, variiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, bei hoher Informationsdichte, kleinem Fehlererwartungswert und kleinem Fehler aktuellen Fehler nicht oder kaum variiert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, bei kleiner Informationsdichte und kleinem aktuellen Fehler nicht oder kaum variiert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, bei geringer Informationsdichte und großem aktuellen Fehler vergrößert wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit, mit der die Parameter an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst oder in der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, angepaßt bzw. adaptiert werden, bei großer Informationsdichte, kleinem Fehlererwartungswert und großem aktuellen Fehler verkleinert wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anpassung bzw. Adaption der Parameter des neuronalen Netzes an die tatsächlichen Verhältnisse im Walzgerüst und/oder der Walzstraße, insbesondere an die Eigenschaften des Walzbandes, bei hoher Informationsdichte und hohem Fehlererwartungswert als fehlerhaft diagnostiziert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Adaption bzw. Anpassung der Parameter des neuronalen Netzes bei Diagnose einer fehlerhaften Adaption gestoppt.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Diagnose der Adaption zur Prozeßdiagnose, d. h. zur Diagnose des Walzvorgangs, verwendet wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



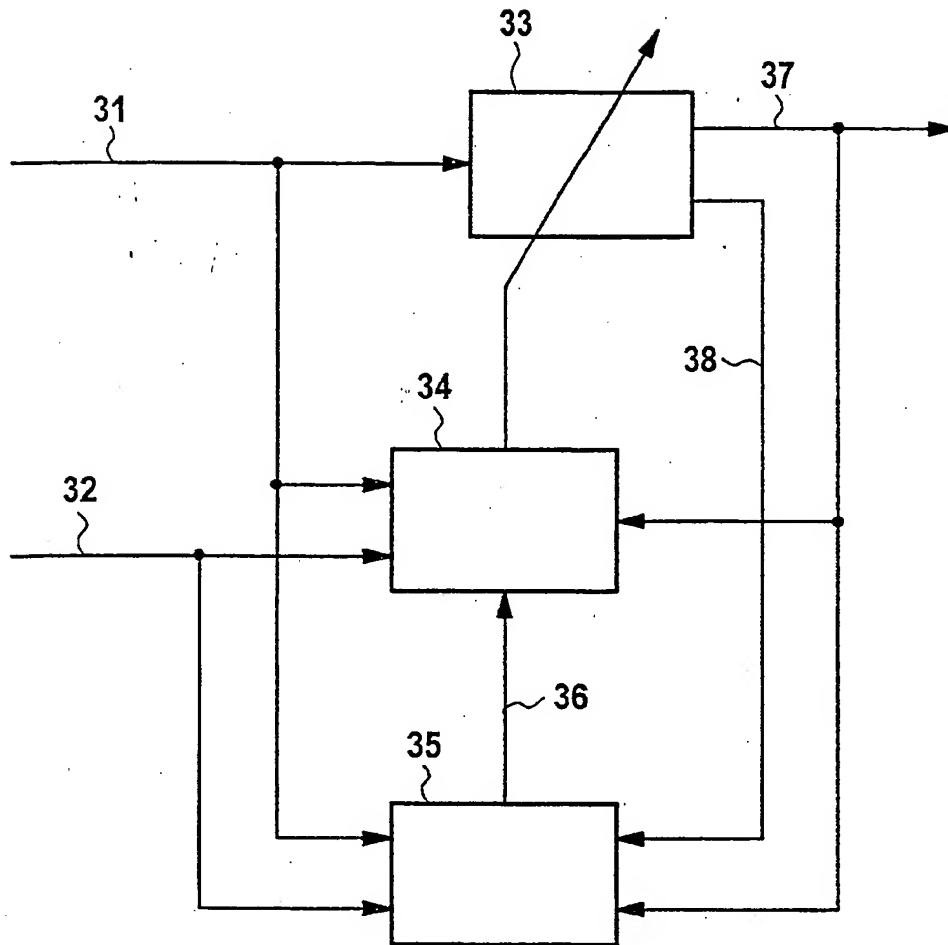


FIG 1

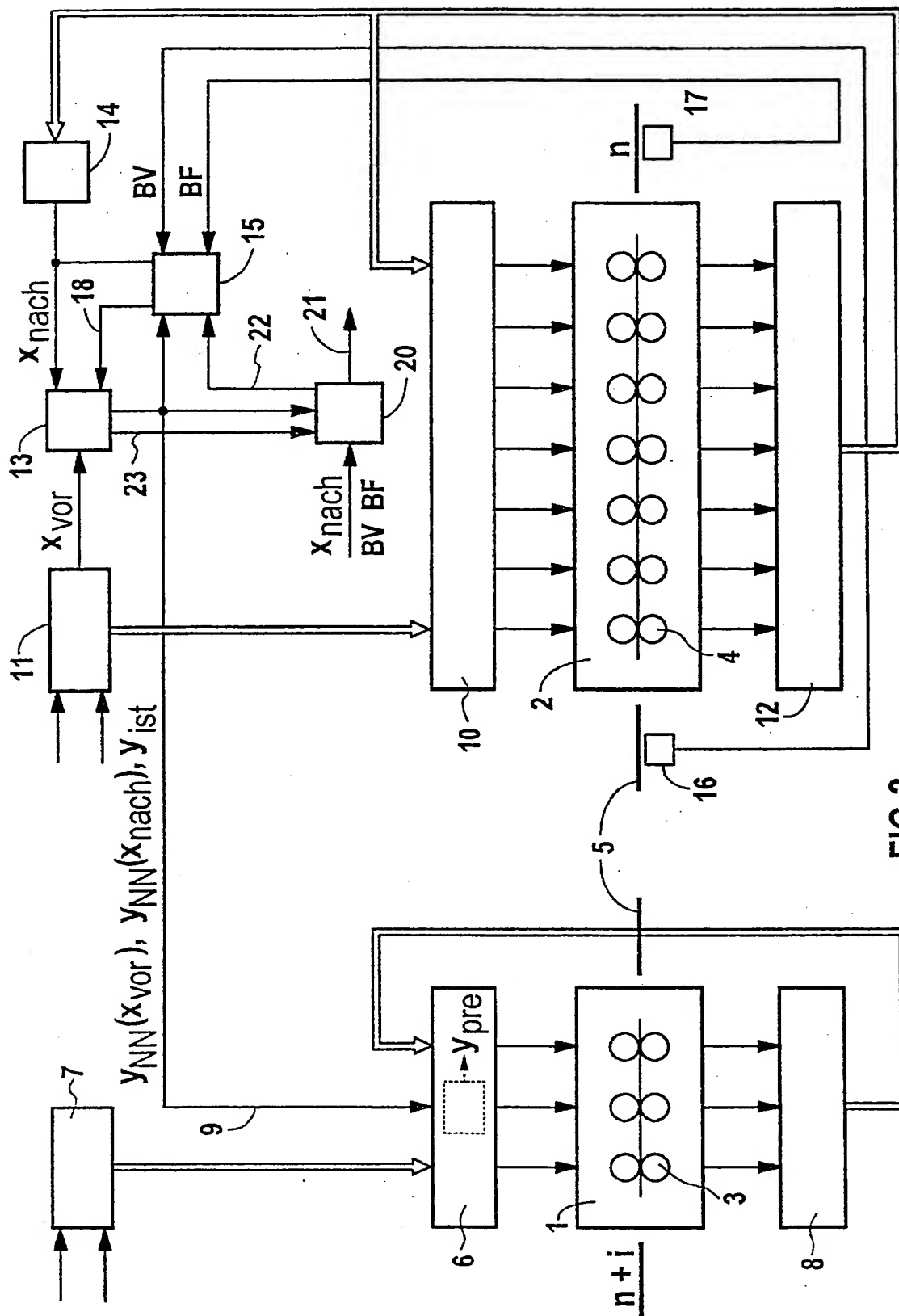


FIG 2